



30
ANS
d'engagement

JOURNÉE TECHNIQUE 2025

**AFOCO : 30 ANS D'ENGAGEMENT
EN FAVEUR DES MATÉRIAUX
ALTERNATIFS**

 **Vendredi 7 novembre 2025**

 **Maison des Travaux Publics, Paris**

 **9h00 - 16h00**



Nouveaux liants et nouvelles additions

Méthodologie d'étude et applications FD P18-484



Rachida IDIR

Chercheur

CEREMA



Martin CYR

Professeur des Universités

LMDC TOULOUSE



Loïc DIVET

Consultant

LDIVET CONSEIL

Pourquoi de nouveaux liants et de nouvelles additions pour béton ?



Pacte Vert européen - trajectoire

- Réduction de 55 % des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2030 par rapport aux niveaux de 1990
- Atteinte de la neutralité carbone d'ici 2050

Stratégie Nationale Bas Carbone en France

- Réglementation avec la RE 2020 pour les constructions neuves

Pacte Vert européen - trajectoire

- Réduction de 55 % des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2030 par rapport aux niveaux de 1990
- Atteinte de la neutralité carbone d'ici 2050

Stratégie Nationale Bas Carbone en France

- Réglementation avec la RE 2020 pour les constructions neuves

Qu'est-ce qu'un nouveau liant ?

- Tout ce qui n'est pas du ciment Portland pur
→ CEM II, CEM III, CEM IV, CEM V, CEM VI
- Ce qui est hors EN 197-1 (voire EN 197-5)
→ CAC, CSA, CSS
- Ce qui n'est pas un ciment normalisé
→ Liants ternaires/quaternaires
→ Liants à base de sous-produits ou de matériaux naturels
→ Liants alcali-activés/géopolymères

Comment être en mesure d'utiliser rapidement et sécuritairement ces nouveaux liants et nouvelles additions (solutions)?

Même niveaux de confiance et performance que les matériaux traditionnels !

NOUVEAU

Vers l'utilisation sécuritaire de nouveaux liants et nouvelles additions

FD P18-484 - Guide d'élaboration d'un dossier technique pour évaluer un nouveau liant ou une nouvelle addition

Groupe d'experts

- Plus de 50 membres experts
- Cinq sous-groupes de travail
- Responsables : L.Divet, M.Cyr

Objectif :

- Développer une **méthodologie** dans le but de réaliser des évaluations techniques harmonisées et fiables
- Texte d'appel du fascicule dans NF EN 206/CN

« Le développement de nouveaux liants et la diversification des types d'additions doivent se faire avec **des règles techniques** adaptées et robustes pour garantir les exigences fondamentales du **règlement produits de construction**. »

FD P18-484

1 Domaine d'application

L'objectif de ce document est de déterminer les éléments attendus en vue de l'évaluation d'un nouveau liant et d'une nouvelle addition, non couverts par une norme référencée dans la norme NF EN 206+A2/CN, destinés à la fabrication de béton ayant des propriétés d'usage attendues conformément à la norme NF EN 206+A2/CN. Le présent document peut entre autres faciliter l'insertion dans le contexte normatif (norme NF EN 206/CN en particulier) de nouvelles additions ou de nouveaux liants.

Principe du FD P18-484

Description d'une méthodologie pour constituer un dossier technique

Pour 3 finalités possibles :

- La rédaction d'une **nouvelle norme produit**
- **L'intégration d'une nouvelle norme produit dans la norme béton NF EN 206/CN**
- L'obtention **d'avis ou d'agréments techniques** après validation par un organisme compétent



ETPM, ATE_x, ATec...



ETE



Démarche

Classification permettant d'ajuster le niveau d'exigence et d'essais
en fonction du degré d'innovation des nouveaux matériaux

Classification des nouveaux liants

Classification des nouvelles additions

Classification des nouveaux liants

Norme-produit

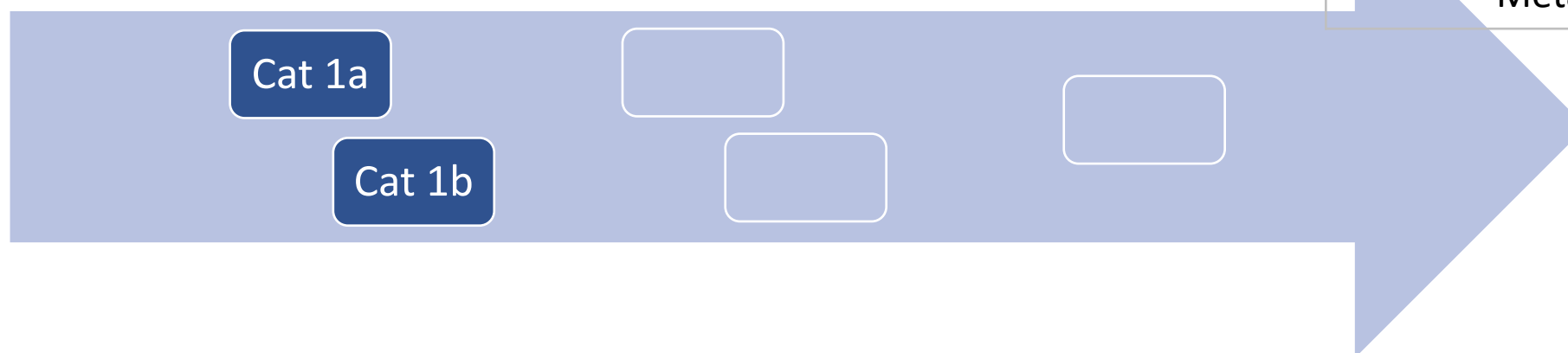
Additions calcaires
Laitier de haut fourneau
Cendres volantes
Additions siliceuses
Fumée de silice
Métakaolin

Constituant défini dans les normes ciments

Pouzzolanes naturelles
Pouzzolanes naturelles calcinées
Schiste calciné

Catégorie 1

Nouvelle combinaison de
constituants principaux traditionnels



- Niveau { d'éloignement
+ de similitude } avec des ciments actuellement normalisés +

Norme-produit

Additions calcaires
Laitier de haut fourneau
Cendres volantes
Additions siliceuses
Fumée de silice
Métakaolin

Constituant défini dans les normes ciments

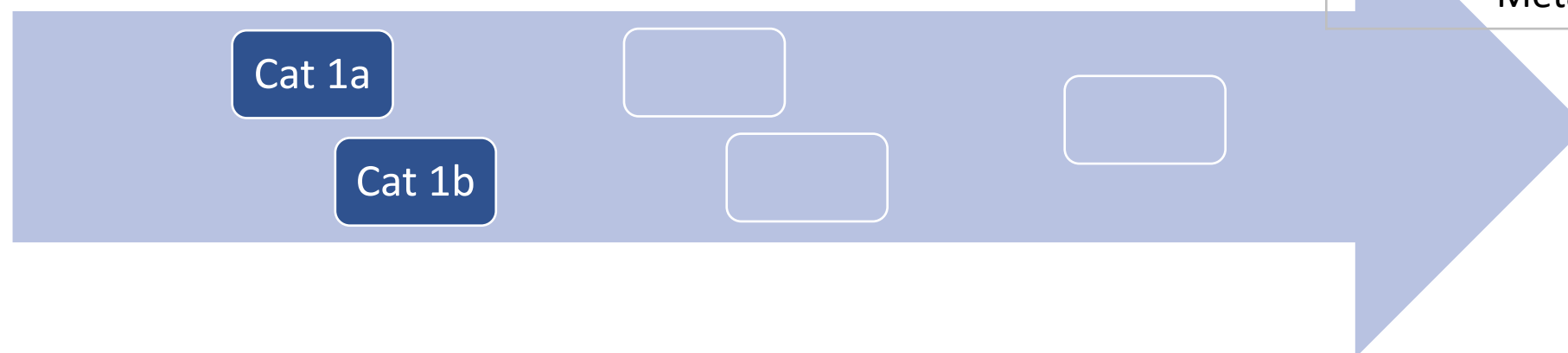
Pouzzolanes naturelles
Pouzzolanes naturelles calcinées
Schiste calciné

Catégorie 1

Nouvelle combinaison de constituants principaux traditionnels

1a $\geq 20\%$ de clinker Portland

1b $< 20\%$ de clinker Portland



- Niveau $\left\{ \begin{array}{l} \text{d'éloignement} \\ \text{de similitude} \end{array} \right\}$ avec des ciments actuellement normalisés +

+

Catégorie 2

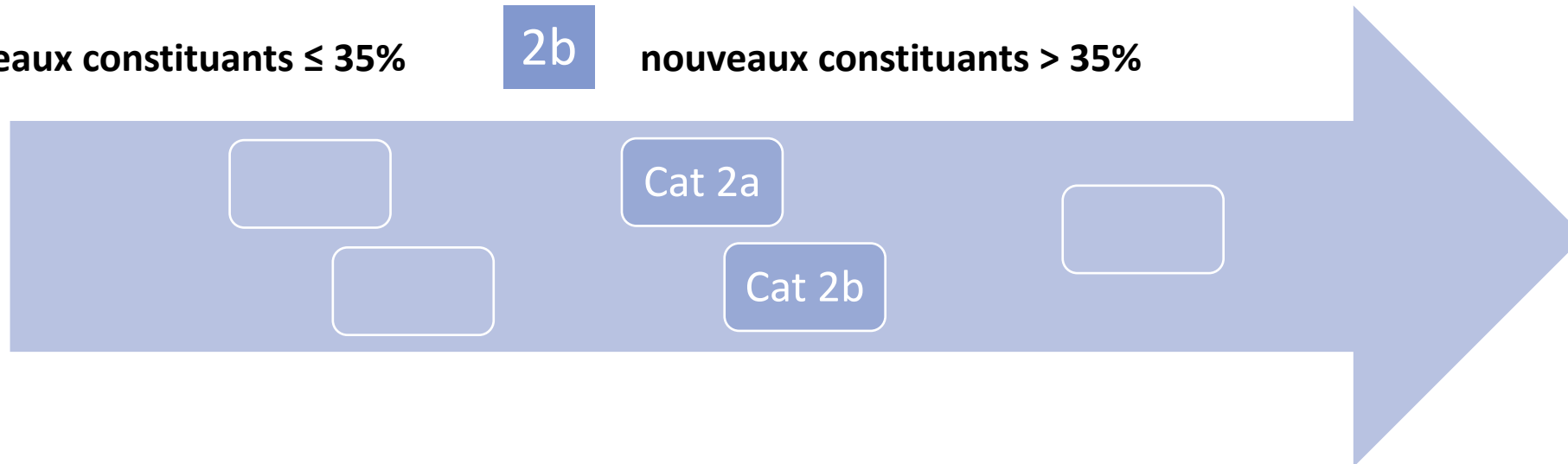
- Liant hydraulique analogue à des types de ciment définis dans des normes existantes
- **Un ou plusieurs constituants non traditionnels ne se trouvant pas dans les catégories 1, mais proche de constituants traditionnels connus**

2a

nouveaux constituants $\leq 35\%$

2b

nouveaux constituants $> 35\%$



—
+

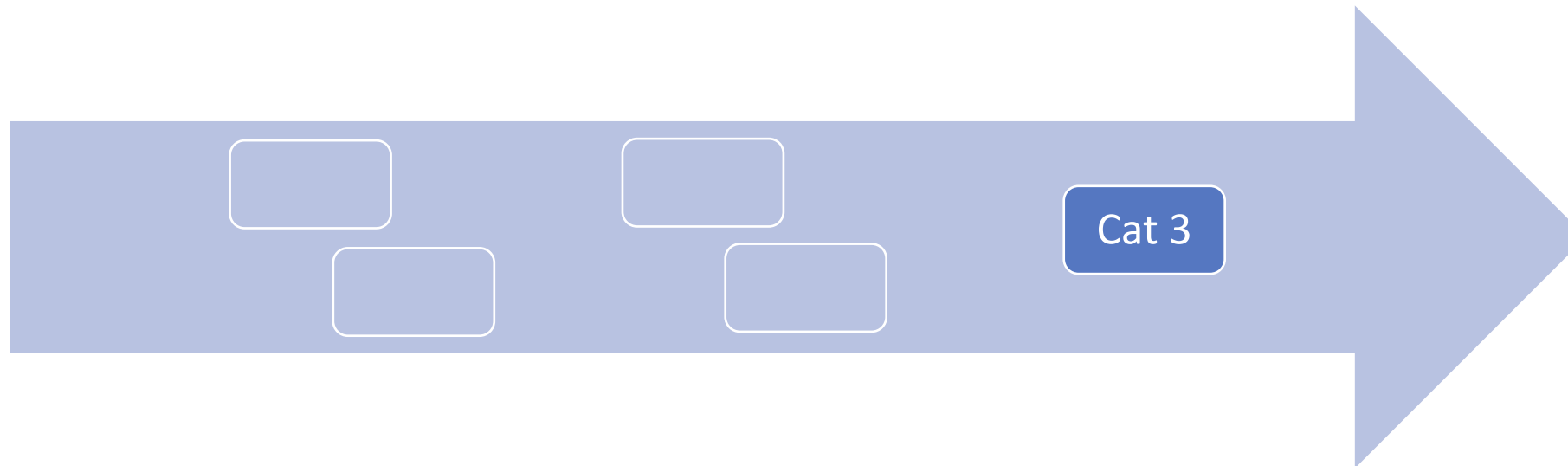
Niveau { d'éloignement
de similitude }

avec des ciments actuellement normalisés

+

Catégorie 3

- **Liant hydraulique ou non s'écartant sensiblement des types définis dans des normes existantes**
- Par exemple produit avec un nouveau type de clinker ou addition, basé sur des phases/principes physico-chimiques différents



– Niveau $\left\{ \begin{array}{l} \text{d'éloignement} \\ \text{de similitude} \end{array} \right\}$ avec des ciments actuellement normalisés +

+ –

En résumé

Liant	Catégorie 1a	Catégorie 1b	Catégorie 2a	Catégorie 2b	Catégorie 3
Constituant traditionnel	 $K \geq 20\%$ ou $K \geq 5\%$ et $LHF \geq 85\%$	$K < 20\%$	Pas de restrictions sur les proportions 	Pas de restrictions sur les proportions 	Pas de restrictions sur les proportions 

Classification des nouveaux liants

Hydratation basée sur formation
d'hydrates cimentaires connus

En résumé

Liant	Catégorie 1a	Catégorie 1b	Catégorie 2a	Catégorie 2b	Catégorie 3
Constituant traditionnel	$K \geq 20\%$  ou $K \geq 5\%$ et $LHF \geq 85\%$	$K < 20\%$	Pas de restrictions sur les proportions 	Pas de restrictions sur les proportions 	Pas de restrictions sur les proportions 
Constituant non traditionnel assimilable à un constituant traditionnel	Non autorisés 	Non autorisés 	Somme de constituants non traditionnels $\leq 35\%$ 	Somme de constituants non traditionnels $> 35\%$	Pas de restrictions sur les proportions 

Classification des nouveaux liants

Hydratation basée sur formation
d'hydrates cimentaires connus

En résumé

Liant	Catégorie 1a	Catégorie 1b	Catégorie 2a	Catégorie 2b	Catégorie 3
Constituant traditionnel	$K \geq 20\%$  ou $K \geq 5\%$ et $LHF \geq 85\%$	$K < 20\%$	Pas de restrictions sur les proportions 	Pas de restrictions sur les proportions 	Pas de restrictions sur les proportions 
Constituant non traditionnel assimilable à un constituant traditionnel	Non autorisés 	Non autorisés 	Somme de constituants non traditionnels $\leq 35\%$ 	Somme de constituants non traditionnels $> 35\%$	Pas de restrictions sur les proportions 
Constituant non traditionnel non assimilable à un constituant traditionnel	Non autorisés 	Non autorisés 	Non autorisés 	Somme de constituants $\leq 35\%$	Pas de restrictions sur les proportions 

Classification des nouvelles additions

Norme-produit

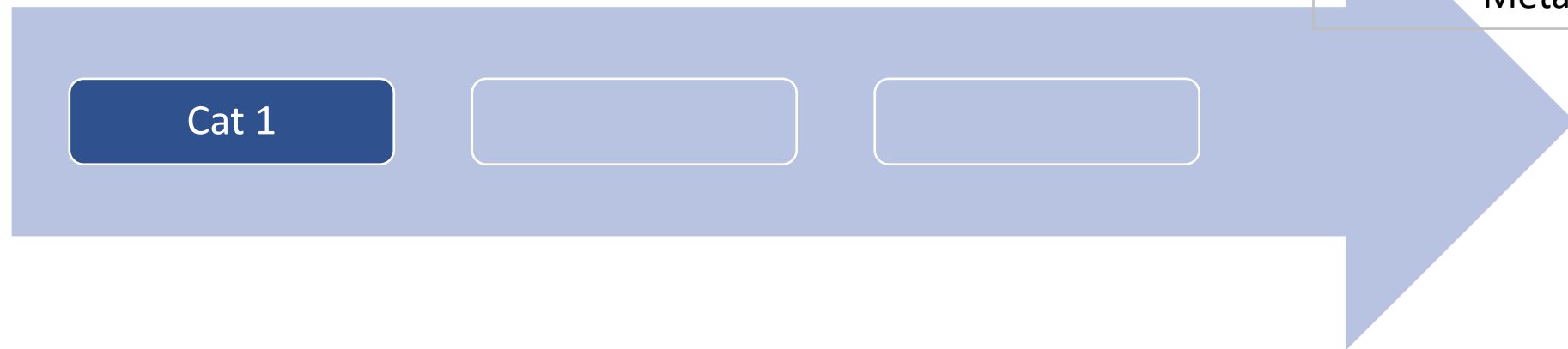
Additions calcaires
Laitier de haut fourneau
Cendres volantes
Additions siliceuses
Fumée de silice
Métakaolin

Constituant défini dans les normes ciments

Pouzzolanes naturelles
Pouzzolanes naturelles calcinées
Schiste calciné

Catégorie 1

Addition obtenue par mélange d'additions normalisées ou de constituants principaux des ciments



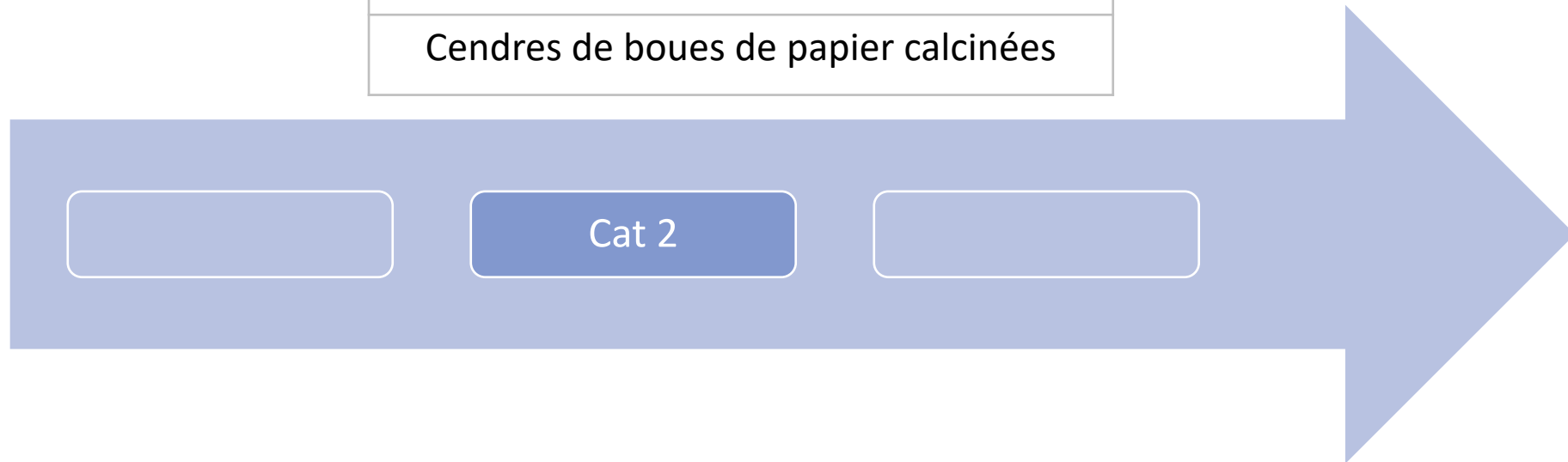
– Niveau $\left\{ \begin{array}{l} \text{d'éloignement} \\ \text{de similitude} \end{array} \right\}$ avec des additions actuellement normalisés +

Catégorie 2

Addition (ou mélange d'additions) non normalisée, proche d'additions connues

Exemples non exhaustifs

Verre broyé
Pouzzolanes naturelles activées
Laitier d'aciérie de convertisseur
Cendres de co-combustion
Cendres de boues de papier calcinées



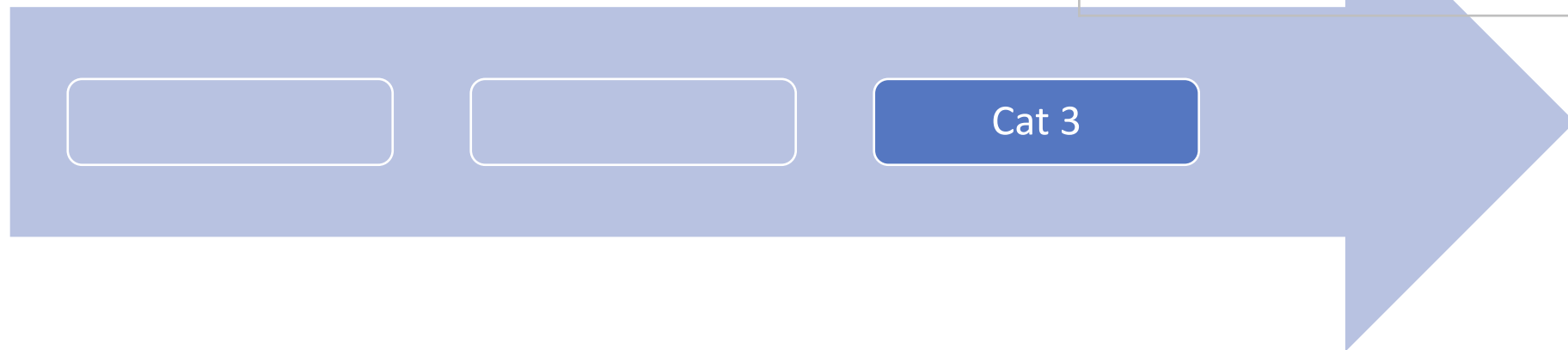
$\begin{matrix} - \\ + \end{matrix}$ Niveau $\left\{ \begin{matrix} \text{d'éloignement} \\ \text{de similitude} \end{matrix} \right\}$ avec des additions actuellement normalisés $\begin{matrix} + \\ - \end{matrix}$

Catégorie 3

- **Addition ne rentrant pas dans les catégories 1 et 2**
- Peut concerner d'autres ajouts finement divisés

Exemples non exhaustifs

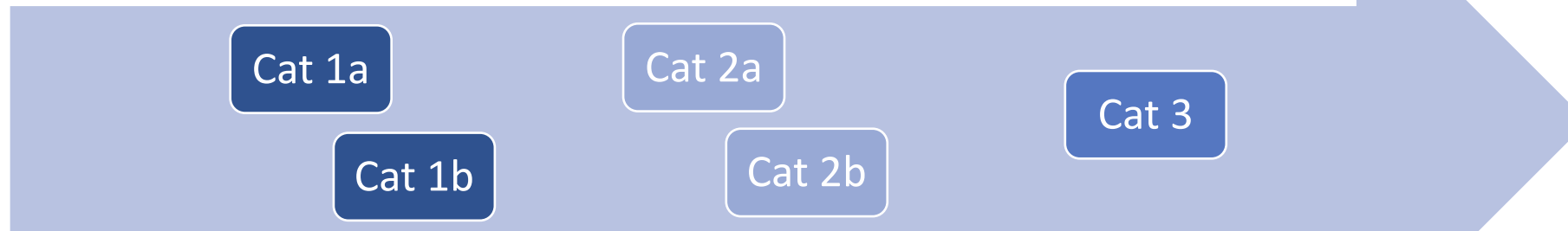
MIOM broyés
Cendres de boues de station d'épuration
Laitier d'aciérie de four électrique
Résidus issus de traitement de la bauxite
Argile crue



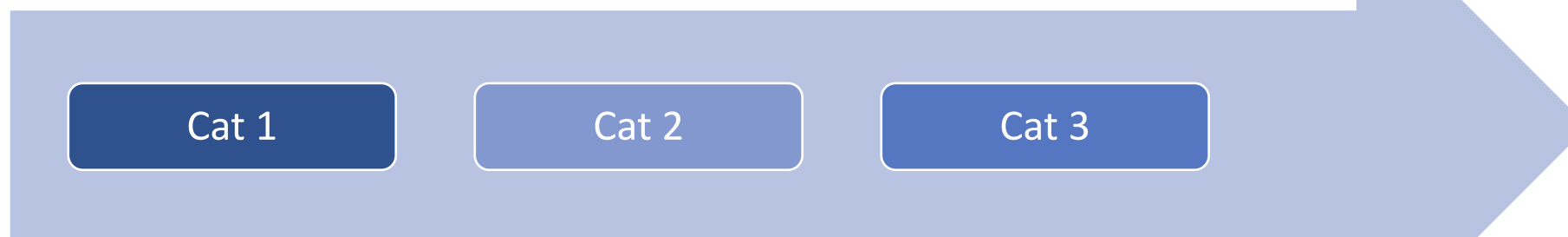
$-$ Niveau $\left\{ \begin{array}{l} \text{d'éloignement} \\ \text{de similitude} \end{array} \right\}$ avec des additions actuellement normalisés $+$

Avant une qualification, choix de la catégorie en fonction du niveau d'éloignement

Nouveaux liants



Nouvelles additions



– Niveau $\left\{ \begin{array}{l} \text{d'éloignement} \\ \text{de similitude} \end{array} \right\}$ avec des additions actuellement normalisés +

Stratégie de la qualification

Structure du FD P18-484 - Stratégie d'étude des nouveaux liants et de nouvelles additions

Spécifie les informations techniques attendues concernant la caractérisation d'un nouveau liant ou d'une nouvelle addition

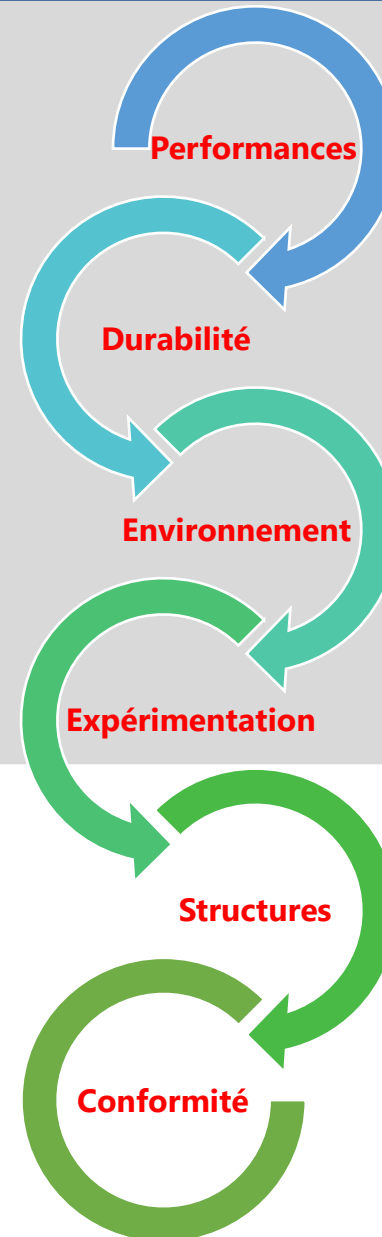
Propriétés intrinsèques des nouveaux liants et de des nouvelles additions

SG1
Rachida Idir

SG2
François Cussigh

SG3
Laure Regnaud

SG4
Stéphanie Bondoux



- **Caractéristiques mécaniques, physiques et chimiques**
- **Caractéristiques liées à la durabilité**
- **Impacts potentiels sur l'environnement et la santé**
- **Expérimentation à échelle industrielle**

Structure du FD P18-484 - Stratégie d'étude des nouveaux liants et de nouvelles additions

Spécifie les informations techniques attendues concernant la caractérisation d'un nouveau liant ou d'une nouvelle addition

Propriétés intrinsèques des nouveaux liants et de des nouvelles additions

SG1
Rachida Idir

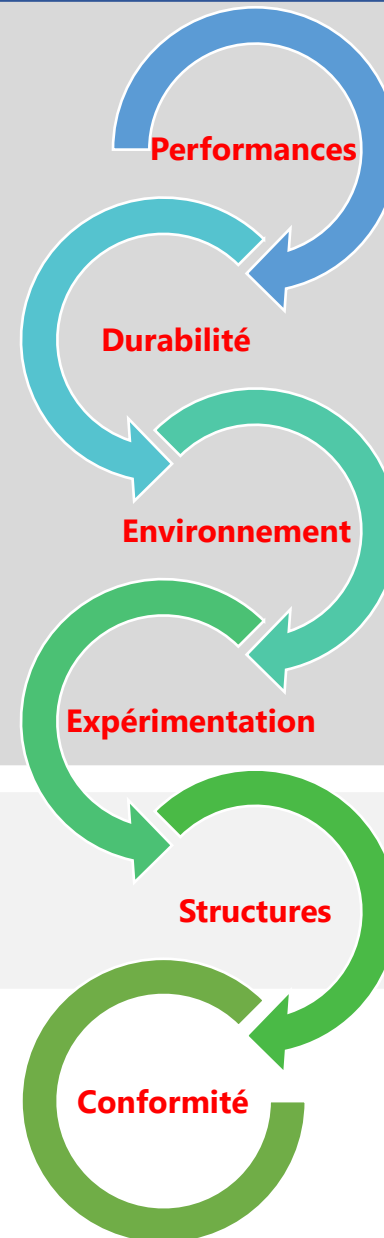
SG2
François Cussigh

SG3
Laure Regnaud

SG4
Stéphanie Bondoux

SG5
Jean-Michel Torrenti

Propriétés liées à l'usage dans les structures



- **Caractéristiques mécaniques, physiques et chimiques**

- **Caractéristiques liées à la durabilité**

- **Impacts potentiels sur l'environnement et la santé**

- **Expérimentation à échelle industrielle**

- **Propriétés liées à leur usage dans les structures**

Structure du FD P18-484 - Stratégie d'étude des nouveaux liants et de nouvelles additions

Spécifie les informations techniques attendues concernant la caractérisation d'un nouveau liant ou d'une nouvelle addition

Propriétés intrinsèques des nouveaux liants et de des nouvelles additions

SG1
Rachida Idir

SG2
François Cussigh

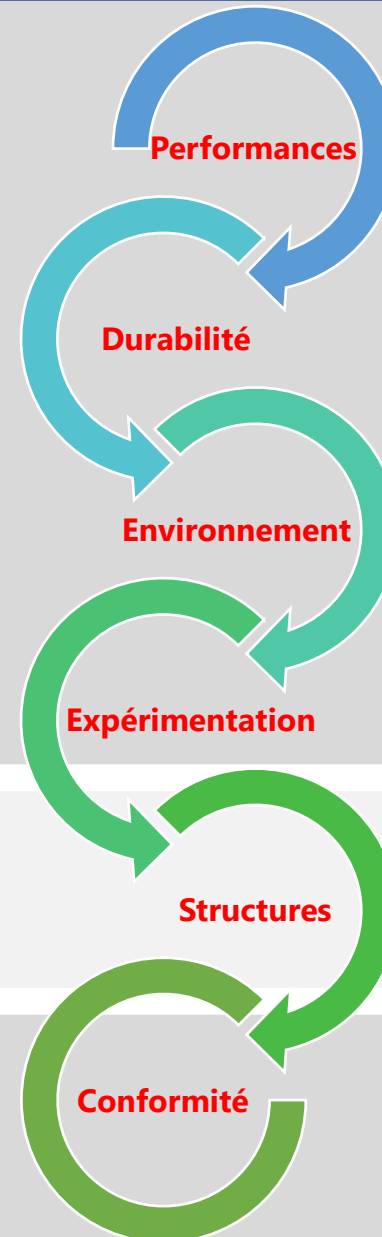
SG3
Laure Regnaud

SG4
Stéphanie Bondoux

SG5
Jean-Michel Torrenti

Propriétés liées à l'usage dans les structures

Maintien des performances dans le temps



- **Caractéristiques mécaniques, physiques et chimiques**

- **Caractéristiques liées à la durabilité**

- **Impacts potentiels sur l'environnement et la santé**

- **Expérimentation à échelle industrielle**

- **Propriétés liées à leur usage dans les structures**

- **Contrôle des performances du nouveau produit, du point de vue de sa qualité et de sa régularité**

Evaluations des nouvelles additions

Catégorie 1	Catégorie 2	Catégorie 3
-------------	-------------	-------------

Evaluations des nouveaux liants

Catégories 1a et 1b	Catégories 2a et 2b	Catégorie 3
Evaluation des performances mécaniques, physiques et chimiques		
Evaluation des caractéristiques liées à la durabilité		
Propriétés liées à l'usage dans les structures		
	Evaluation de l'impact environnemental et sanitaire	
		Expérimentation à échelle industrielle

Exemples d'application du FD P18-484

Cas 1 : réduire la quantité de clinker en jouant sur les mélanges de constituants reconnus

Liant

Nouvelle combinaison de constituants reconnus

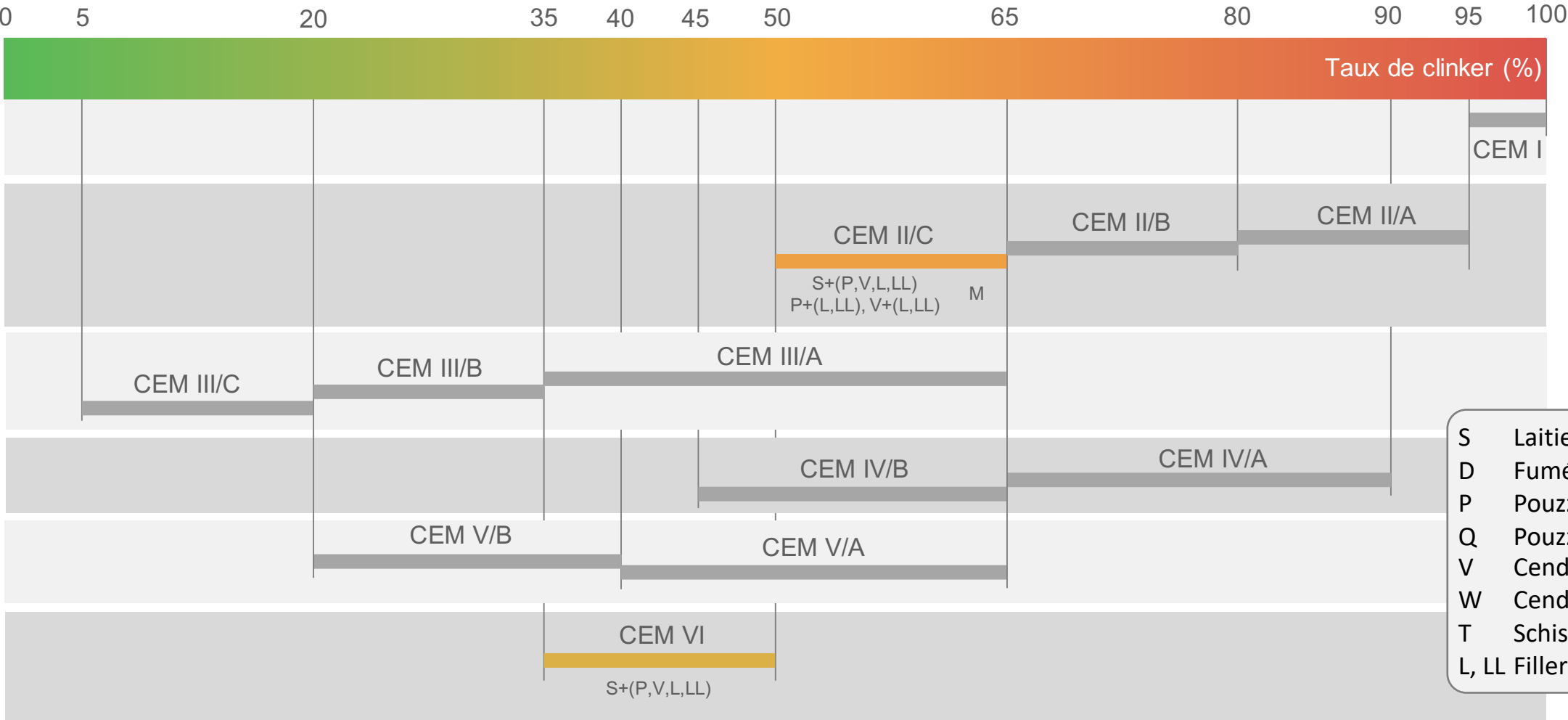
Addition

Mélange d'additions normalisées

Cas 1 : réduire la quantité de clinker en jouant sur les mélanges de constituants reconnus

Liant
Nouvelle combinaison de constituants reconnus

Addition
Mélange d'additions normalisées



- S Laitier
- D Fumée de silice
- P Pouzzolane naturelle
- Q Pouzzolane calcinée
- V Cendre volante siliceuse
- W Cendre volante calcique
- T Schiste calciné
- L, LL Filler calcaire

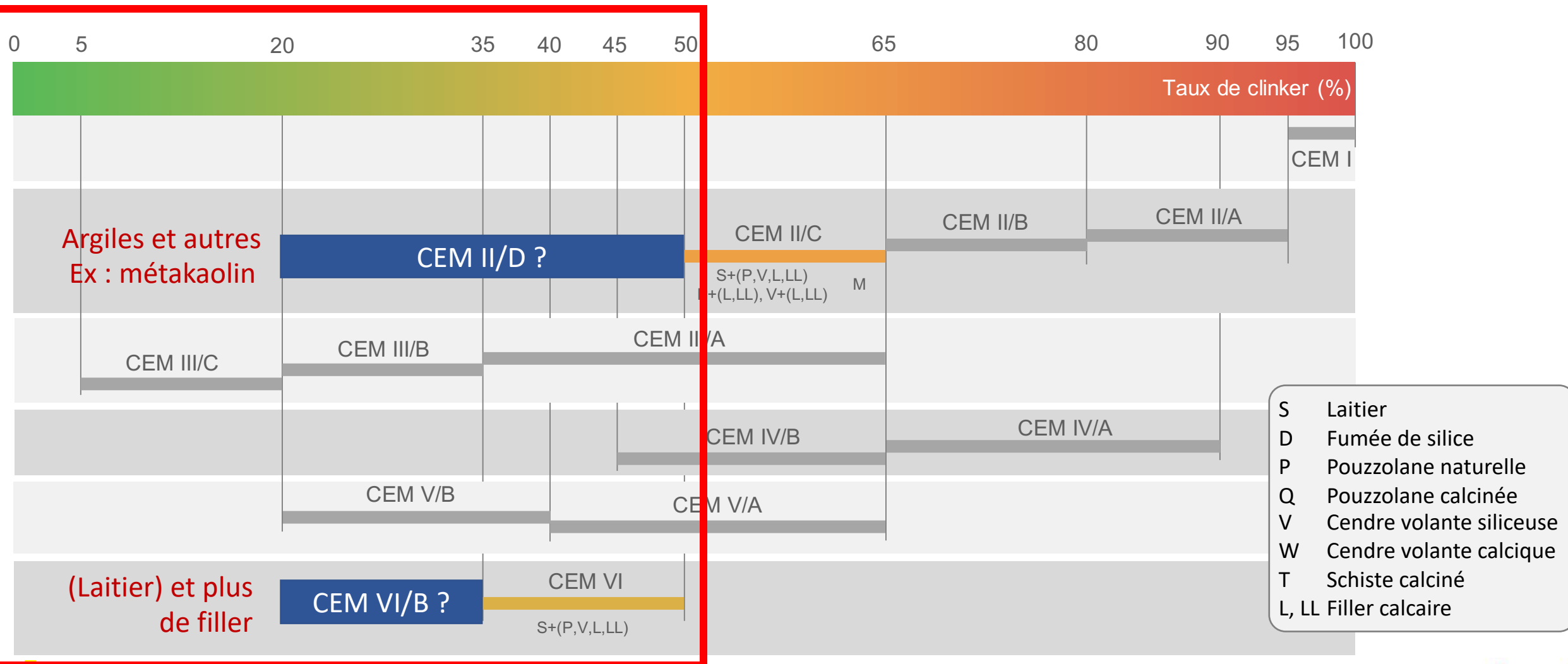
Cas 1 : réduire la quantité de clinker en jouant sur les mélanges de constituants reconnus

Liant

Nouvelle combinaison de constituants reconnus

Addition

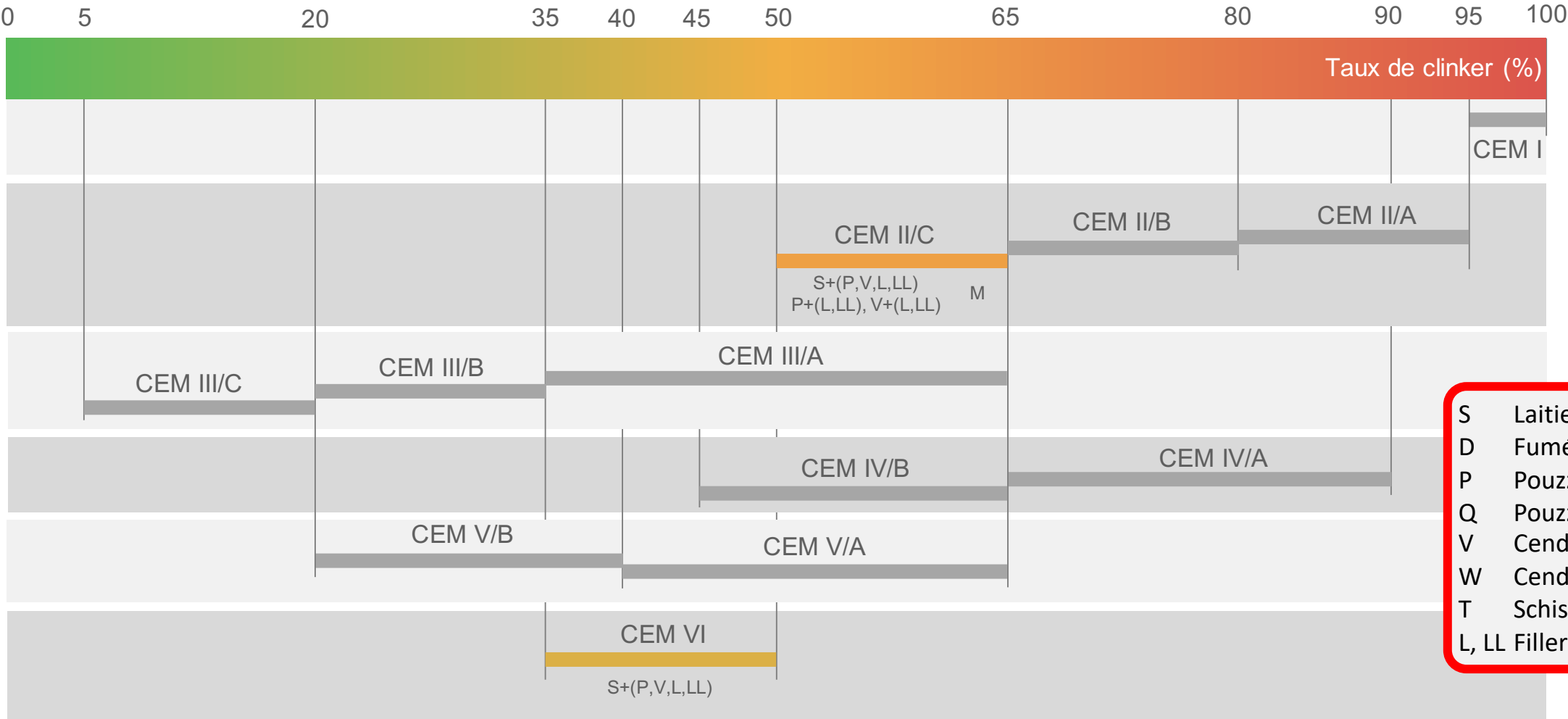
Mélange d'additions normalisées



Cas 2 : Utiliser de nouveaux matériaux pouzzolaniques

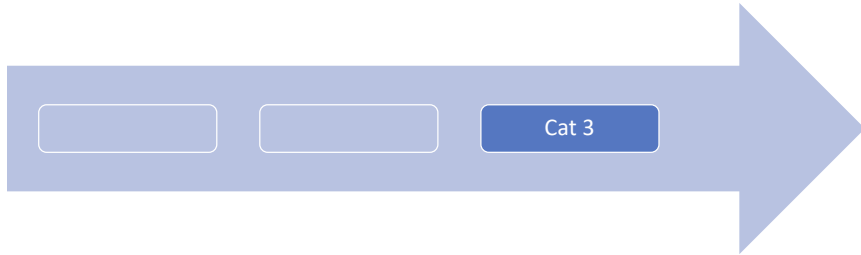
Liant
Ciment contenant un ou plusieurs nouveaux constituants

Addition
Addition non normalisée



- S Laitier
- D Fumée de silice
- P Pouzzolane naturelle
- Q Pouzzolane calcinée
- V Cendre volante siliceuse
- W Cendre volante calcique
- T Schiste calciné
- L, LL Filler calcaire

Cas 3 : Utiliser de nouveaux matériaux/liants s'appuyant sur des chimies différentes



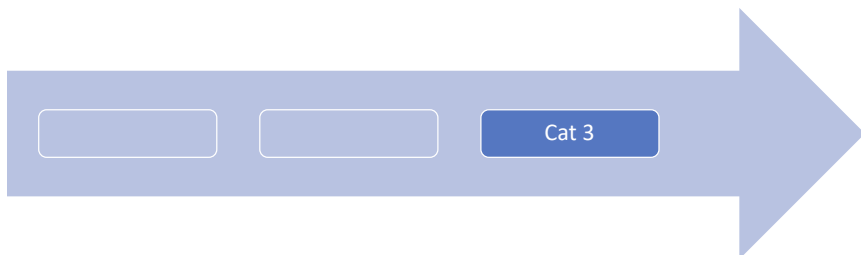
Liant

Ciment s'écartant sensiblement des types définis dans des normes existantes

Addition

Addition dont les propriétés s'éloignent de la pouzzolanité

Cas 3 : Utiliser de nouveaux matériaux/liants s'appuyant sur des chimies différentes



Liant

Ciment s'écartant sensiblement des types définis dans des normes existantes

Addition

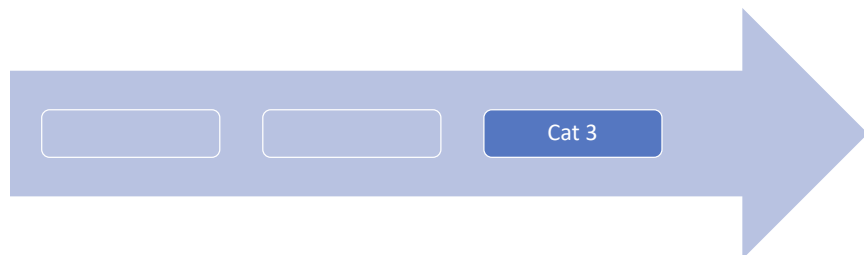
Addition dont les propriétés s'éloignent de la pouzzolanité



Exemples non exhaustifs

MIOM broyés
Cendres de boues de station d'épuration
Laitier d'aciérie de four électrique et de métallurgie secondaire
Résidus issus de traitement de la bauxite
Argile crue

Cas 3 : Utiliser de nouveaux matériaux/liants s'appuyant sur des chimies différentes



- Géopolymères à base d'argiles calcinées ou de cendres volantes activés par des silicates alcalins
- Liant phospho-magnésien
- Liant durcissant sous l'effet de la carbonatation
- ...



Liant

Ciment s'écartant sensiblement des types définis dans des normes existantes

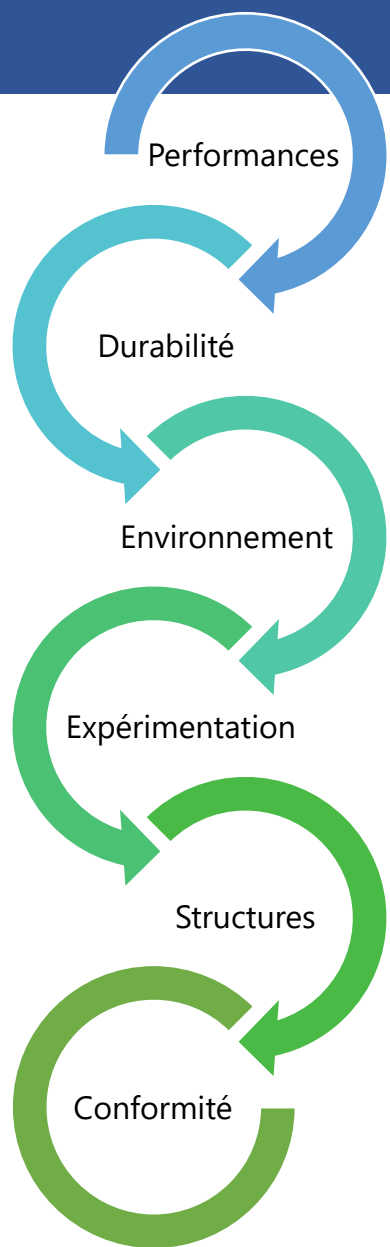
Addition

Addition dont les propriétés s'éloignent de la pouzzolanité



Exemples non exhaustifs

MIOM broyés
Cendres de boues de station d'épuration
Laitier d'aciérie de four électrique et de métallurgie secondaire
Résidus issus de traitement de la bauxite
Argile crue



- Caractéristiques mécaniques, physiques et chimiques

Caractéristiques

Méthodologies et Procédés d'évaluation

Caractérisation physique, chimique et minéralogique de l'addition ou du liant

Finesse	Distribution granulométrique	ISO 8130-13, ISO 13317-1
	Taille limite supérieure	NF EN 933-1, NF EN 459-2, NF EN 933-10
	Surface spécifique	NF EN 196-6, ISO 9277
Masse volumique absolue		NF EN 1097-7, NF P 15 435
Morphologie		ISO 13322-1, ISO 14187
Composition chimique	Eléments majeurs	NF EN 196-2
	Perte au feu	NF EN 196-2
	Teneur en carbone organique total (COT)	NF EN 13639
	Teneur en SO ₃	NF EN 196-2
	Teneur en chlorure	NF EN 196-2
	Teneur en alcalin (Na ₂ O _{eq})	NF EN 196-2
	Teneur en calcium libre	NF EN 451-1
	Teneur en sulfure	NF EN 196-2
Composition minéralogique	Teneur en eau et en gaz	NF EN 13639
		DRX, ATD/ATG, EDS

Evaluation de la réactivité et des propriétés d'usage de l'addition ou du liant

Demande en eau	NF EN 196-3, NF P18-513, NF EN 1015-3, NF EN 450-1, NF P18-508
Fausse prise ou raidissement	NF P18-363
Début de prise et fin de prise	NF EN 196-3
Chaleur d'hydratation et/ou de réaction	NF EN 196-9, NF EN 196-8
Résistance à jeune âge et à long terme des liants	NF EN 196-1
Résistance et Indice d'activité des additions	NF EN 196-1
Réactivité des constituants du ciment - Test R3	ASTM C1897-20
Stabilité	NF EN 196-3
Retrait et gonflement	NF P15-433

Caractéristiques

Caractérisation physique, chimique et minéralogique

Finesse

Masse volumique absolue

Morphologie

Composition chimique

Composition minéralogique

Evaluation de la réactivité et des propriétés d'usage de l'addition

Demande en eau

Fausse prise ou raidissement

Début de prise et fin de prise

Chaleur d'hydratation et/ou de réaction

Résistance à jeune âge et à long terme des liants

Résistance et Indice d'activité des additions

Réactivité des constituants du ciment - Test R3

Stabilité

Retrait et gonflement

Cas des cendres de biomasse



NF EN 196-2

NF EN 196-2

NF EN 196-2

Eléments majeurs

Perte au feu

Teneur en carbone organique total (COT)

Teneur en SO_3

Teneur en chlorure

Teneur en alcalin (Na_2O_{eq})

Teneur en calcium libre

Teneur en soufre

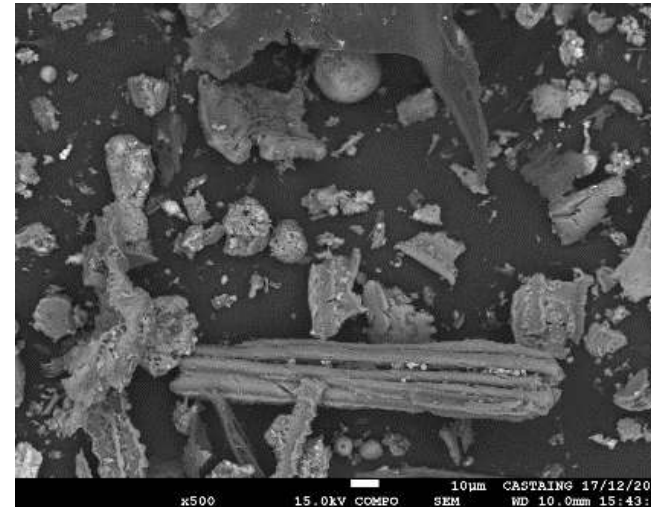
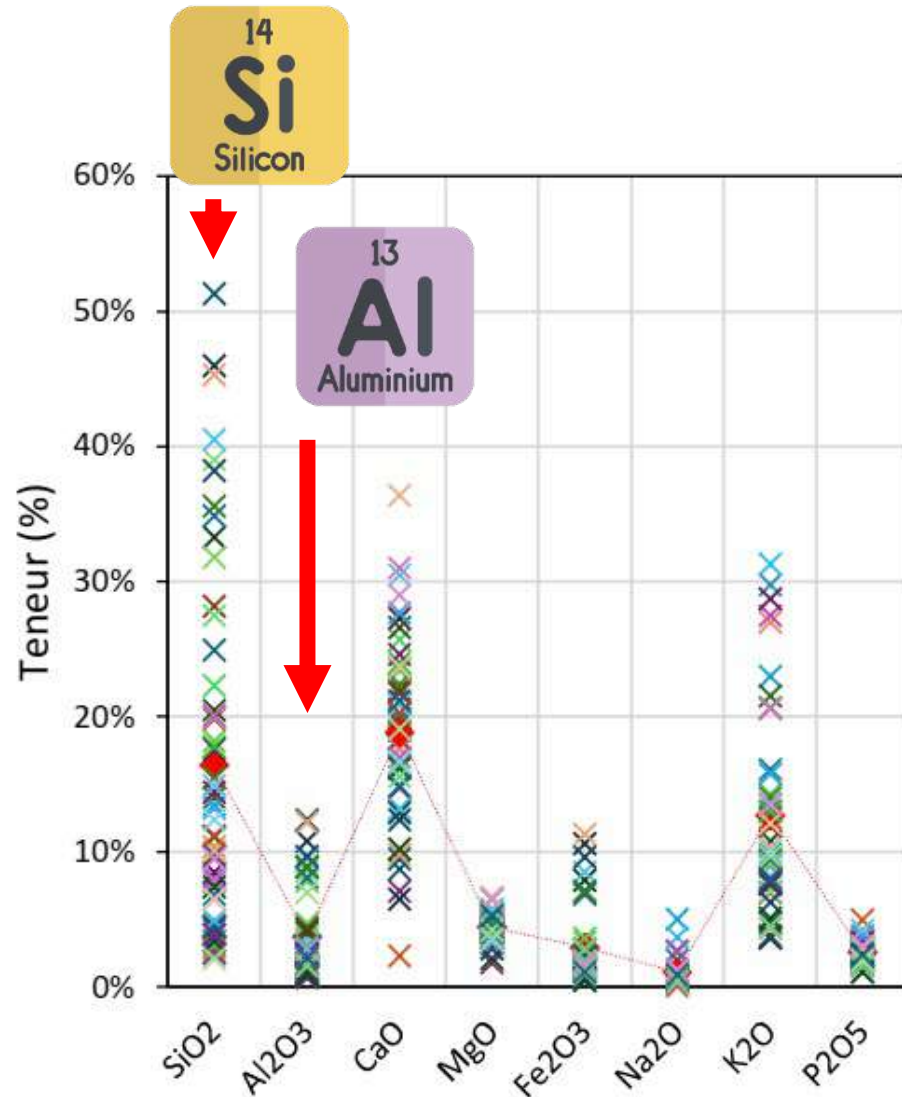
Teneur en eau et en gaz

Cas du verre de recyclage

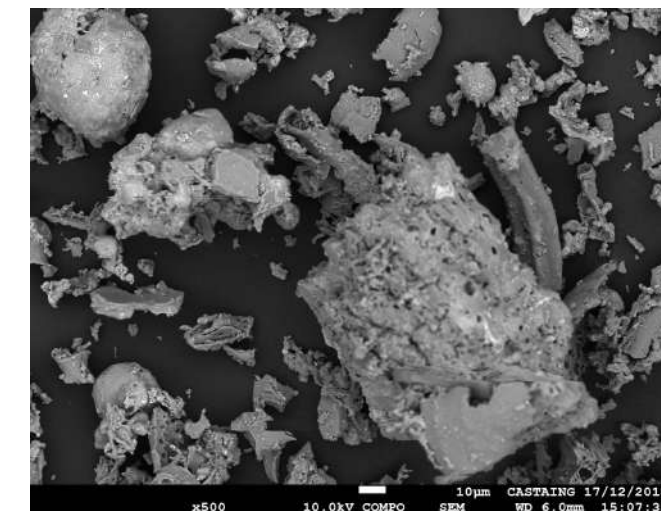
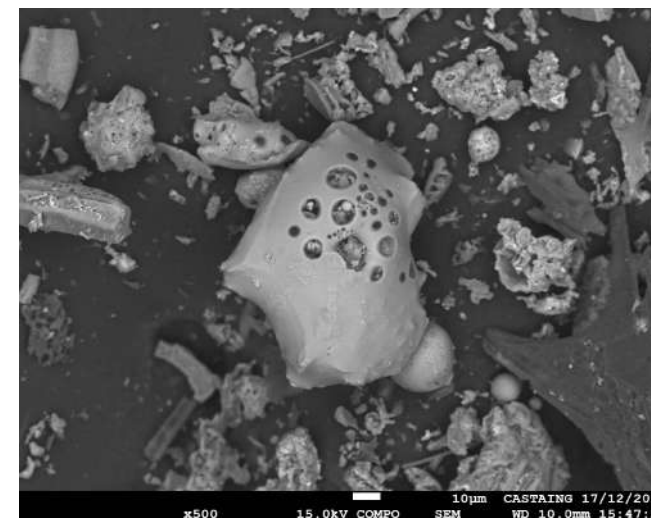


1, NF P18-508

Cendres de pellets de bois : composition et morphologie



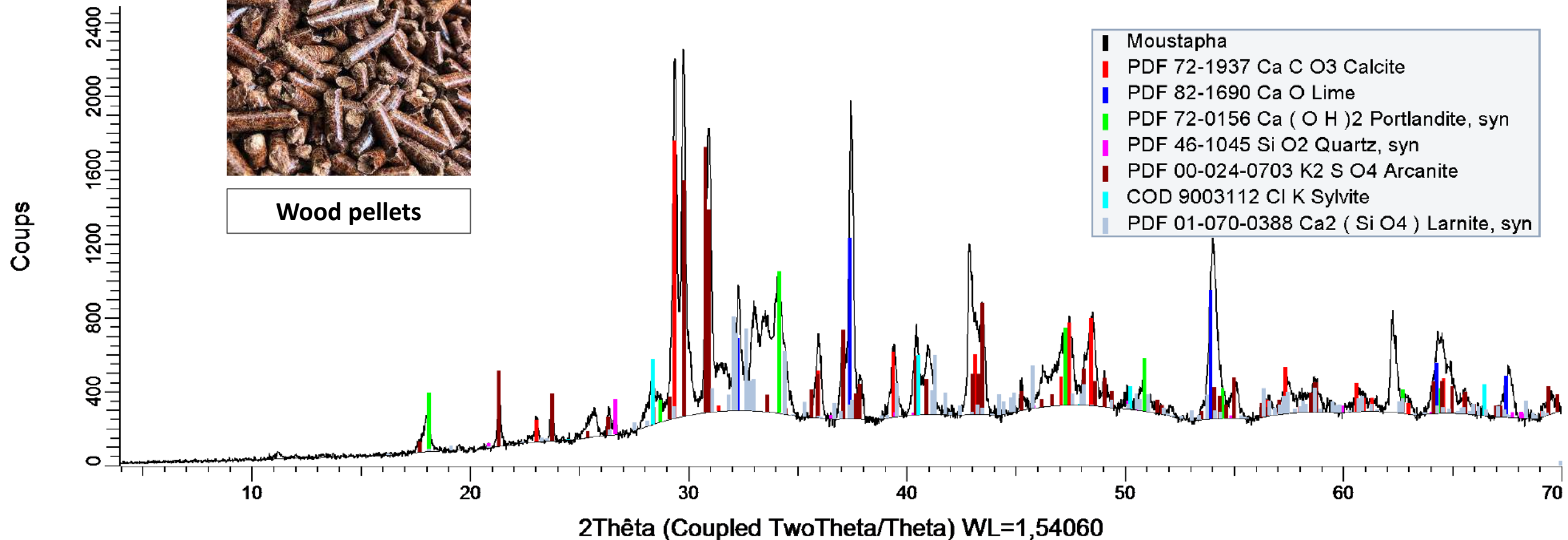
Wood pellets



Cendres de pellets de bois : minéralogie



Wood pellets



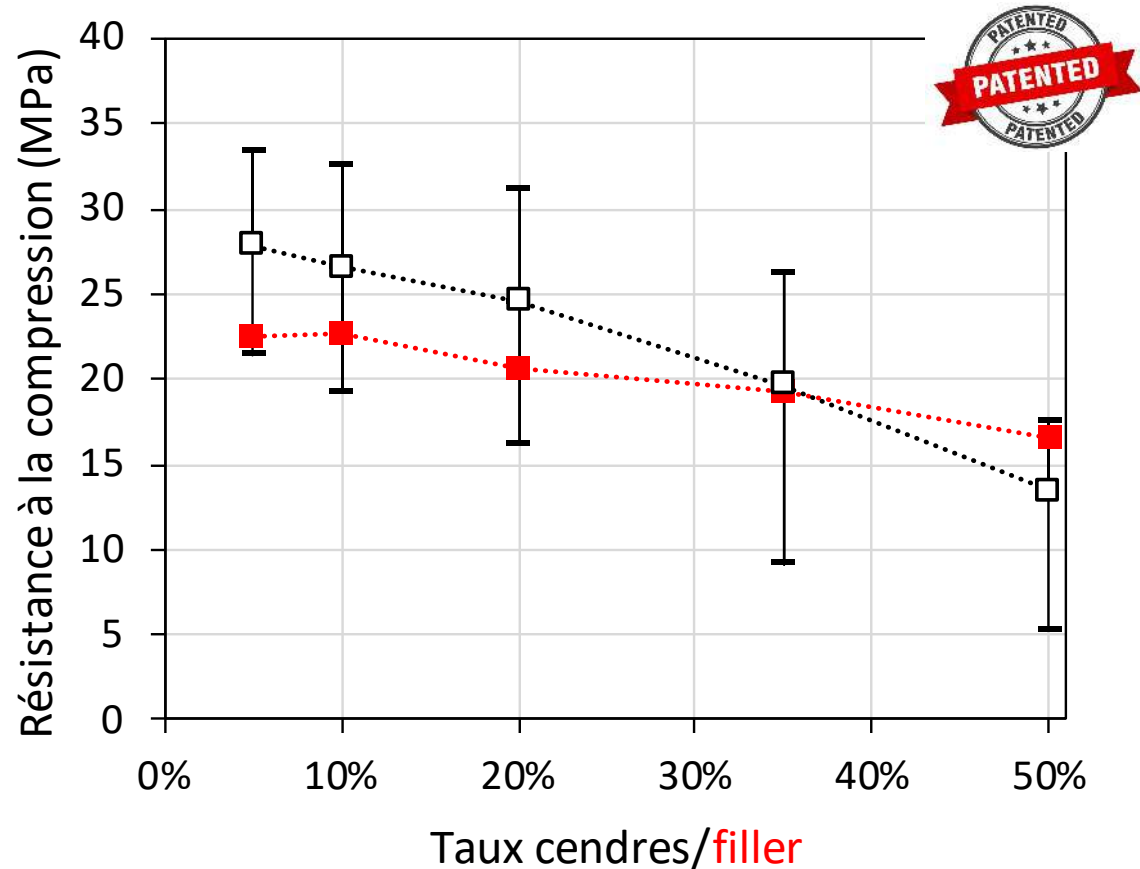
Cendres de biomasse



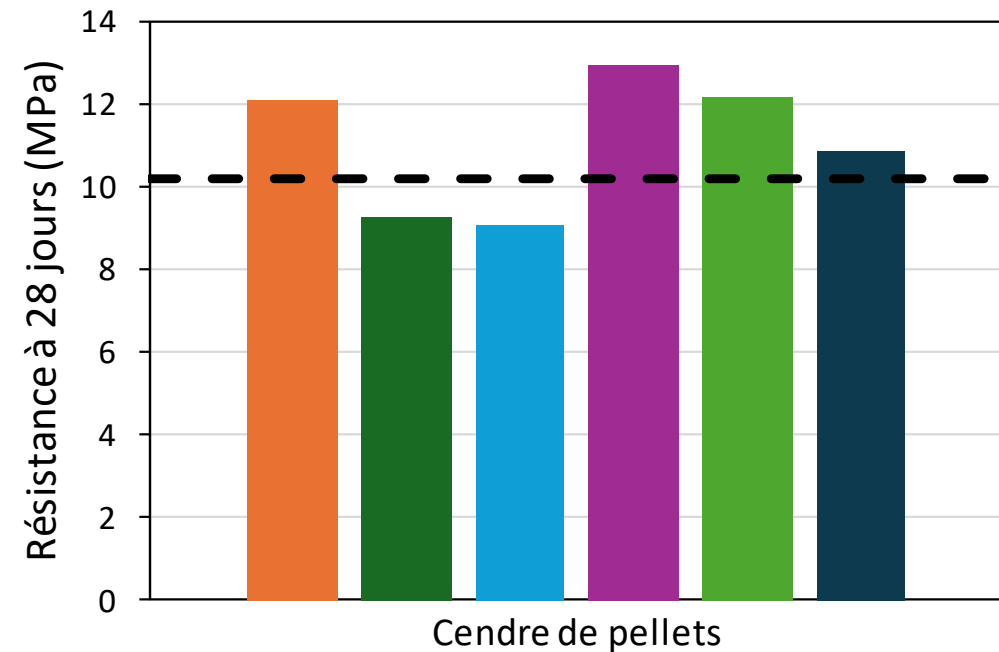
Wood pellets

Activation du laitier de haut-fourneau

Filler vs. **Cendres** (5% CEM I) - $f_{c,90d}$

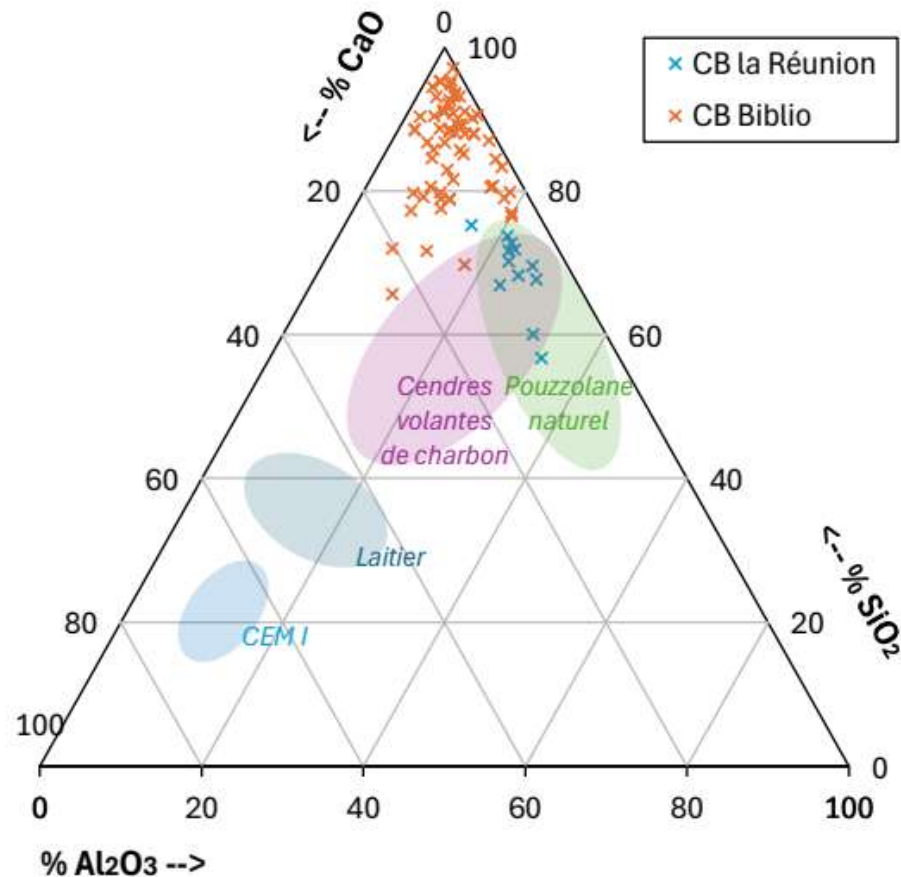
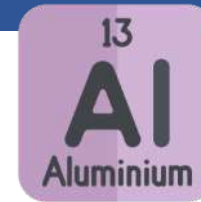


Mortier CSS
(75% LHF ; 15% Plâtre ;
5% CEM I ; 5% Cendres Pellets)



Cendres de biomasse

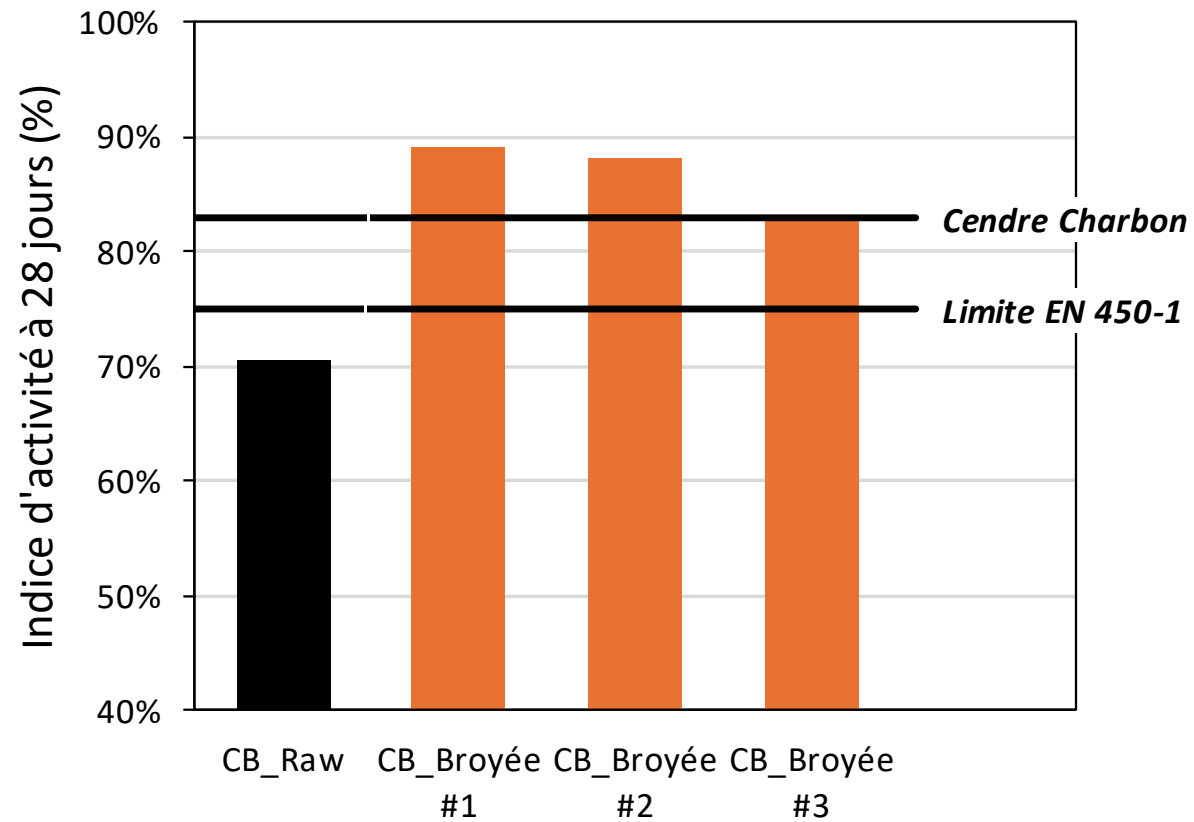
Composition: oxydes pouzzolaniques



Bagasse



Mortier : 75% CEM I / 25% Cendre Bagasse



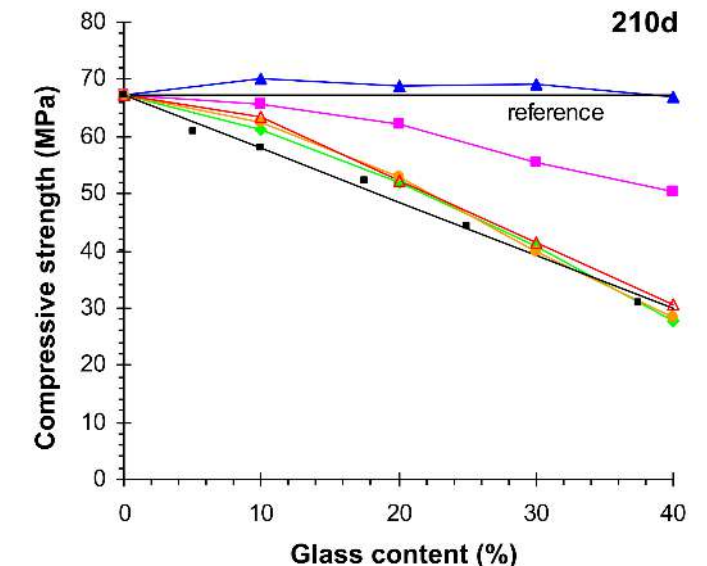
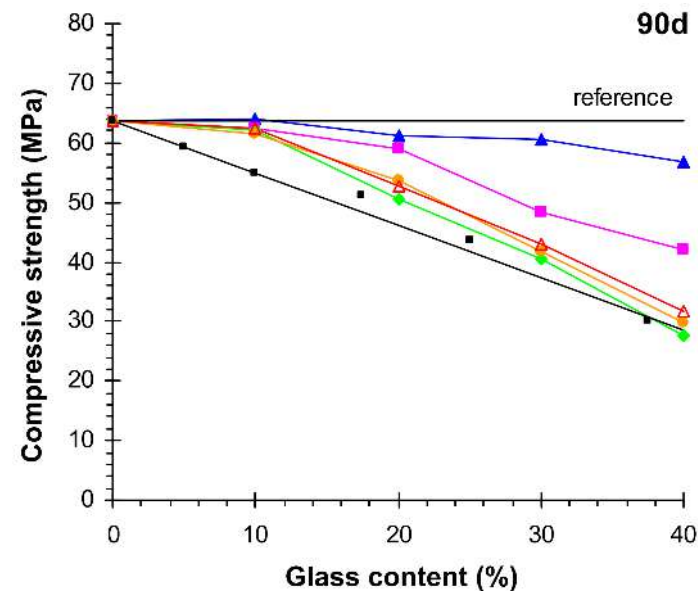
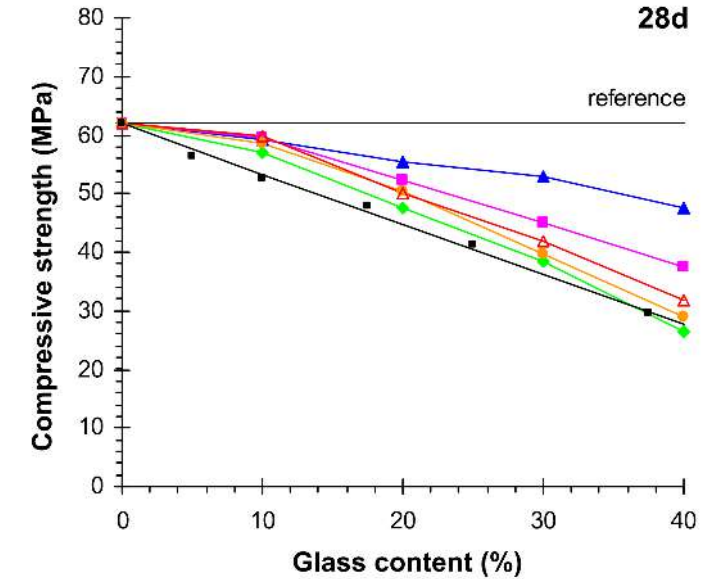
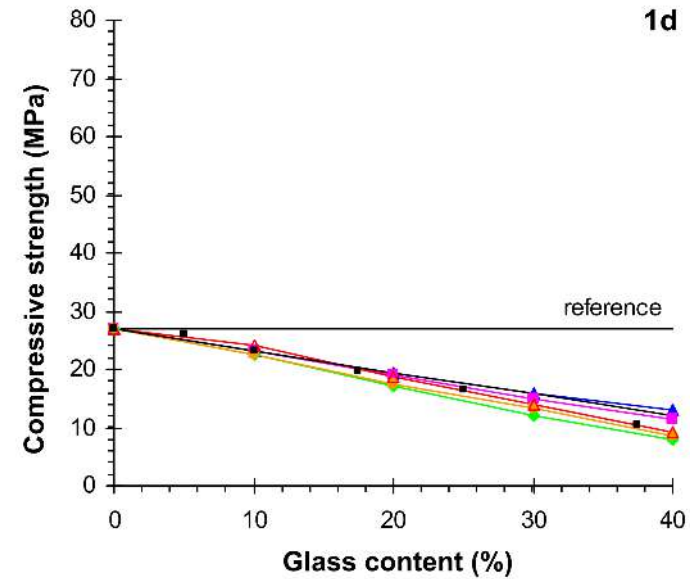
Bagasse

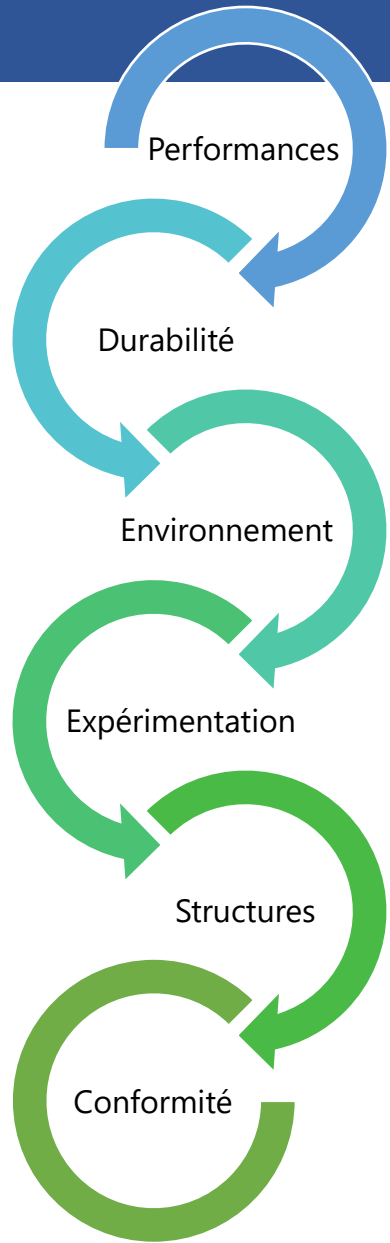


Résistances en compression



- 5400 cm²/g ▲ G540 D₅₀ = 8μm
- 2000 cm²/g ■ G200 D₅₀ = 24μm
- ◆ G18
- G4
- ▲ G2
- Dilution (Qref)
- Bolomey





- Détermination des caractéristiques liées aux propriétés d'usage et à la durabilité des bétons

Caractéristiques

XC, XD, XS	Propriétés d'usage des bétons d'essai	Masse volumique sur béton frais Consistance initiale Viscosité Maintien de consistance sur une durée d'au moins 30 minutes Résistance en compression Résistance en traction Module d'élasticité
	Protection des armatures vis-à-vis des risques de corrosion	Passivation des armatures Résistance à la carbonatation Résistance à la pénétration des chlorures
	XF	Résistance au gel et aux sels de déverglaçage
	XA	Résistance à l'eau de mer Résistance aux attaques sulfatiques externes Résistance à la lixiviation (attaques acides et eaux pures) Résistance à l'attaque par H ₂ S
		Compatibilité des constituants (et stabilité à long terme)
		Prévention des risques liés à la RSI
		Prévention des risques liés à la RAG
		Cure
		Effet de la température sur les performances à long terme

Caractéristiques

Propriétés d'usage des bétons d'essai	Masse volumique sur béton frais Consistance initiale Viscosité Maintien de consistance sur une durée d'au moins 30 minutes Résistance en compression Résistance en traction Module d'élasticité
Protection des armatures vis-à-vis des risques de corrosion	Passivation des armatures Résistance à la carbonatation Résistance à la pénétration des chlorures
Résistance au gel et aux sels de déverglaçage	
Résistance aux attaques chimiques	Résistance à l'eau de mer Résistance aux attaques sulfatiques externes Résistance à la lixiviation (attaques acides et eaux pures) Résistance à l'attaque par H ₂ S
Compatibilité des constituants (et stabilité à l'usage)	
Prévention des risques liés à la RSI	
Prévention des risques liés à la RAG	
Cure	
Effet de la température sur les performances	

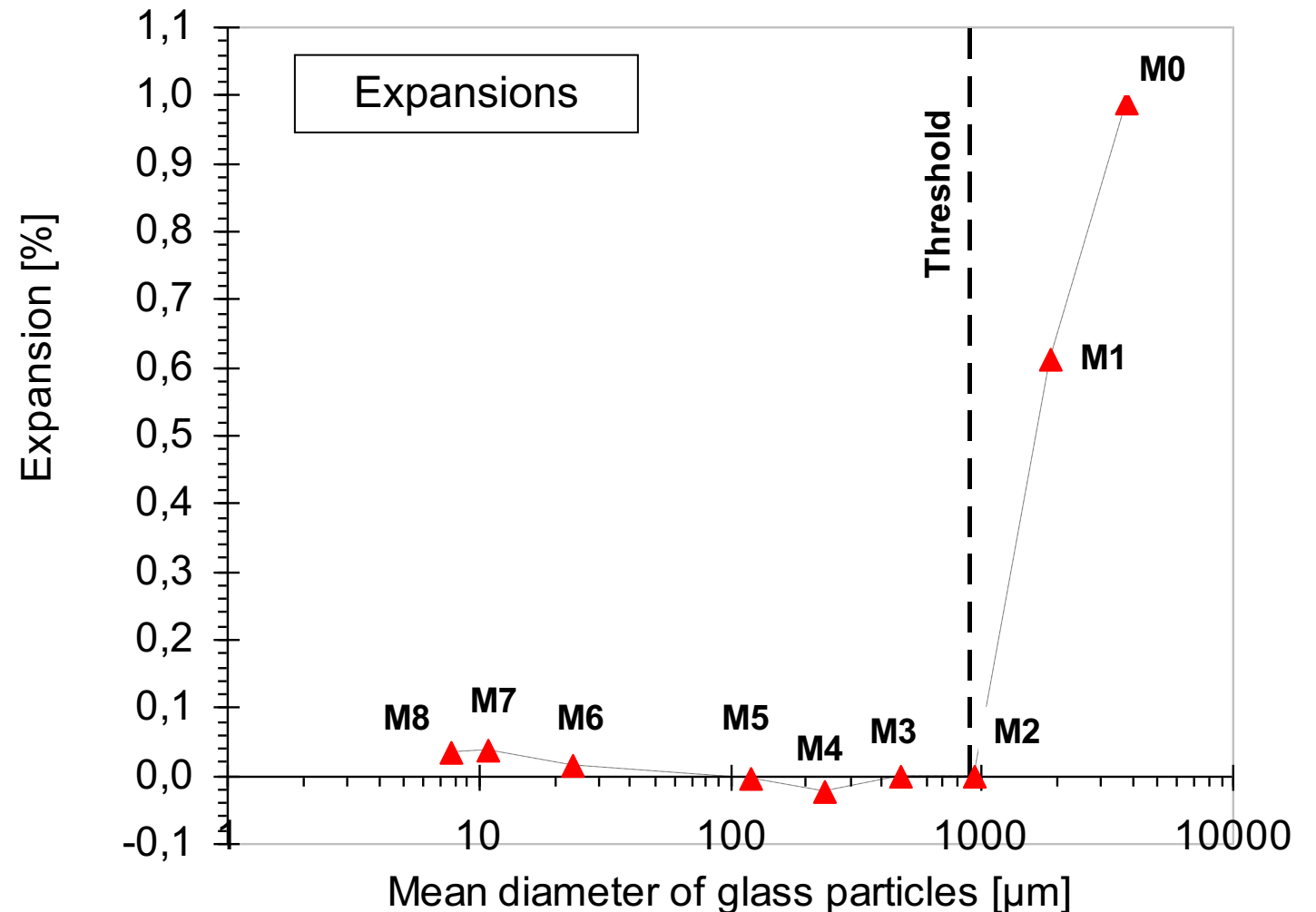
Cas du verre de recyclage

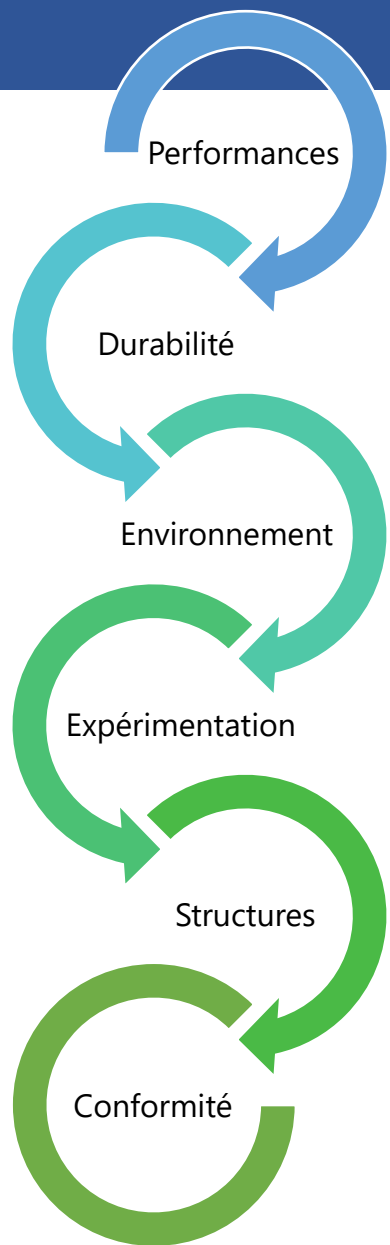
Réaction alcali-granulats

Mortar bars containing 20% of different glass particle sizes (cure: 78 weeks -60°C-100%HR)

Chemical analysis (%)

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO
68.7	2.0	0.3	12.4
TiO_2	K_2O	Na_2O	SO_3
0.3	0.6	13.5	0.2





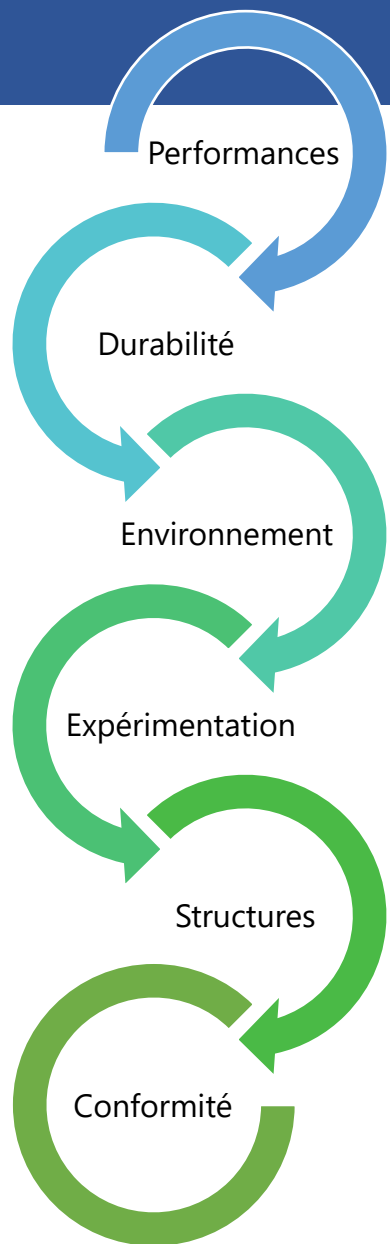
Evaluation Environnementale et Sanitaire

Evaluation sanitaire

Chrome VI
 Radioactivité des matériaux et produits de construction
 Emissions de Substances Organiques Volatiles
 Béton au contact de l'eau potable
 Déclaration Nanoparticules

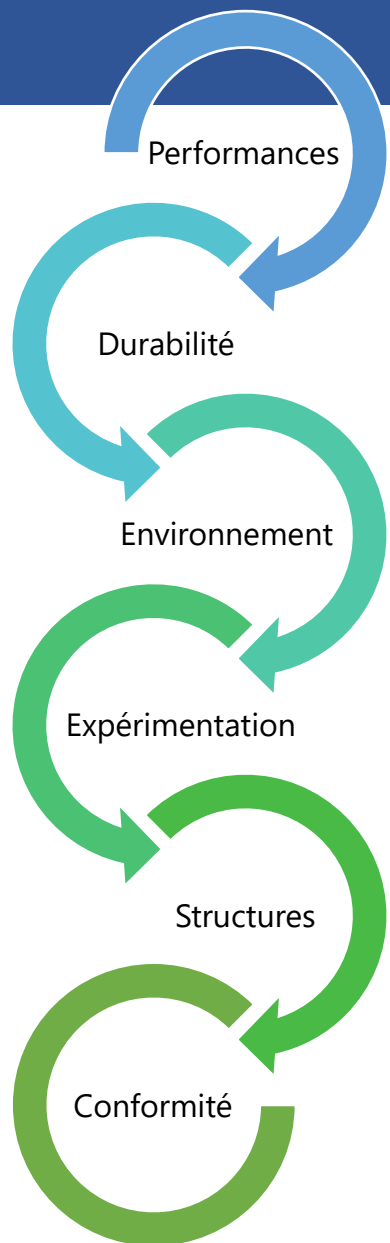
Impact Environnemental

Déclaration Environnementale
 Principes régissant l'acceptabilité environnementale - au cours de la durée de vie/service de l'ouvrage et en fin de vie



- Propriétés liées à leur usage dans les structures

	Nouveaux liants Nouvelles additions	Cat. 1a 1	Cat. 1b	Cat. 2a 2	Cat. 2b	Cat. 3 3
Masse volumique		X	X	X	X	X
Résistance en traction					X	X
Module d'élasticité			X	X	X	X
Evolution des propriétés dans le temps		X	X	X	X	X
Relation contrainte-déformation			X	X	X	X
Coefficient de dilatation thermique					X	X
Retrait et fluage					X	X
Résistance au cisaillement						X
Adhérence acier-béton – caract. Adhérence (pull-out)			X	X	X	X
Adhérence acier-béton – enrobage mini (beam test)			X	X	X	X
Reprises de bétonnage			X	X	X	X
Comportement au feu						
Propriétés thermiques						X
Propriétés thermo-mécaniques			X	X	X	X
Ecaillage		X	X	X	X	X
Comportement au séisme						
Ductilité					X	X
Comportement cyclique					X	X
Pull-out cyclique			X	X	X	X



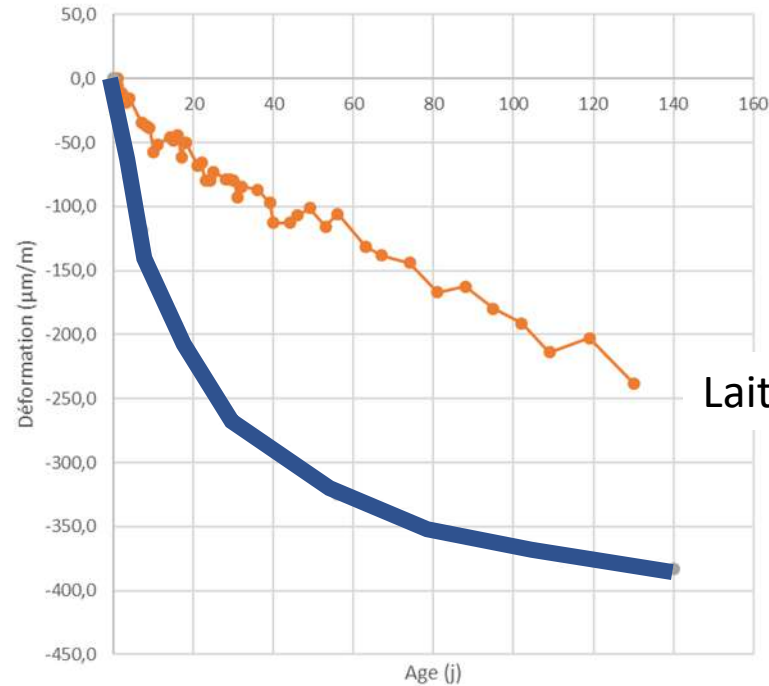
- Propriétés liées à leur usage dans les structures

	Nouveaux liants Nouvelles additions	Cat. 1a 1	Cat. 1b	Cat. 2a 2	Cat. 2b	Cat. 3 3
Masse volumique		X	X	X	X	X
Résistance en traction					X	X
Module d'élasticité			X	X	X	X
Evolution des propriétés dans le temps		X	X	X	X	X
Relation contrainte-déformation			X	X	X	X
Coefficient de dilatation thermique					X	X
Retrait et fluage					X	X
Résistance au cisaillement						X
Adhérence acier-béton – caract. Adhérence (pul)					X	X
Adhérence acier-béton – enrobage mini (beam t)					X	X
Reprises de bétonnage			X	X	X	X
Comportement au feu						
Propriétés thermiques						X
Propriétés thermo-mécaniques			X	X	X	X
Ecaillage		X	X	X	X	X
Comportement au séisme						
Ductilité					X	X
Comportement cyclique					X	X
Pull-out cyclique			X	X	X	X

Cas des liants
alcali-activés



Retrait

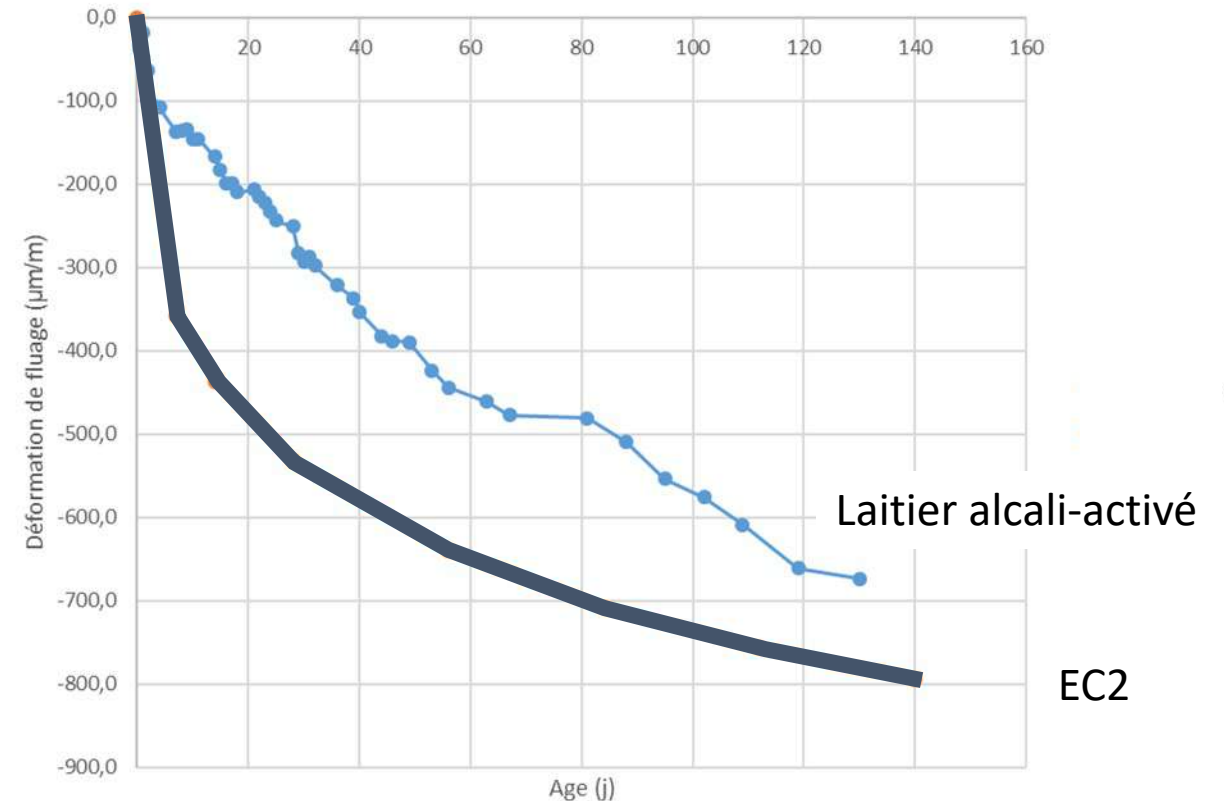


Laitier alcali-activé

EC2

Fluage

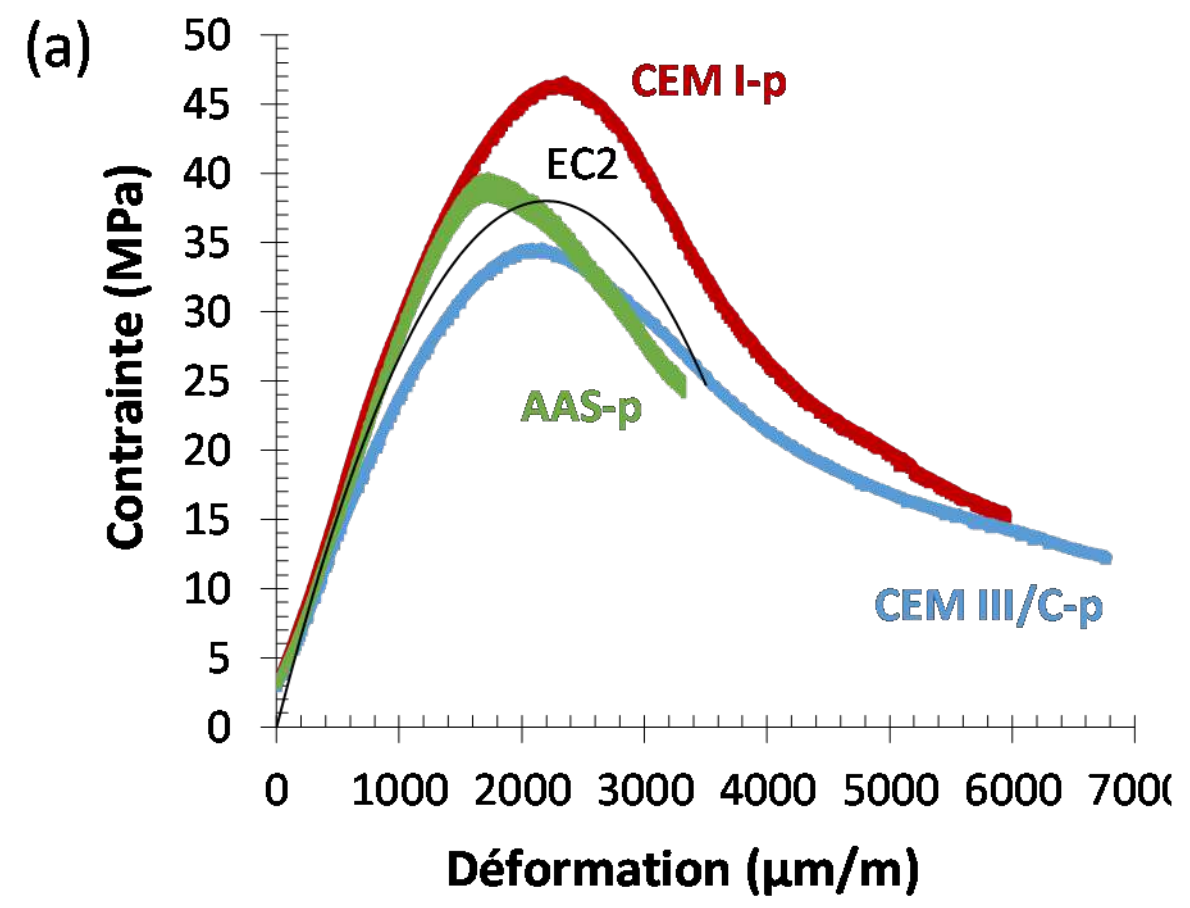
(béton chargé à 28 jours à 30% de R_c)



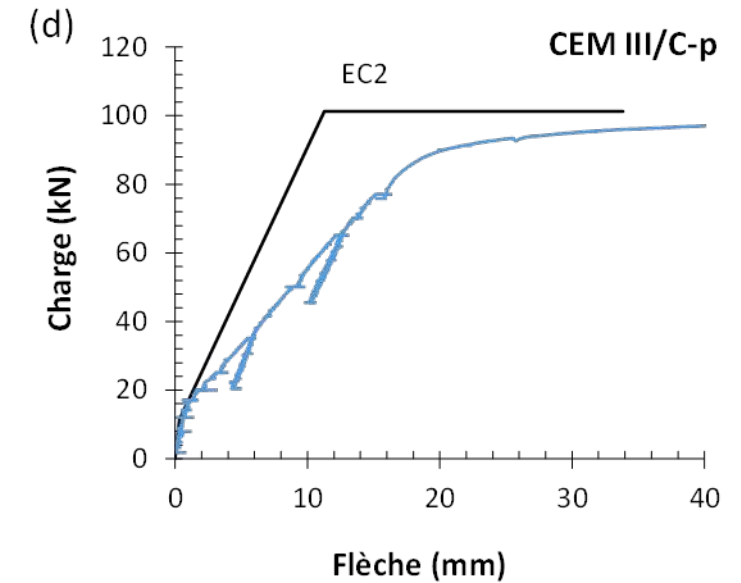
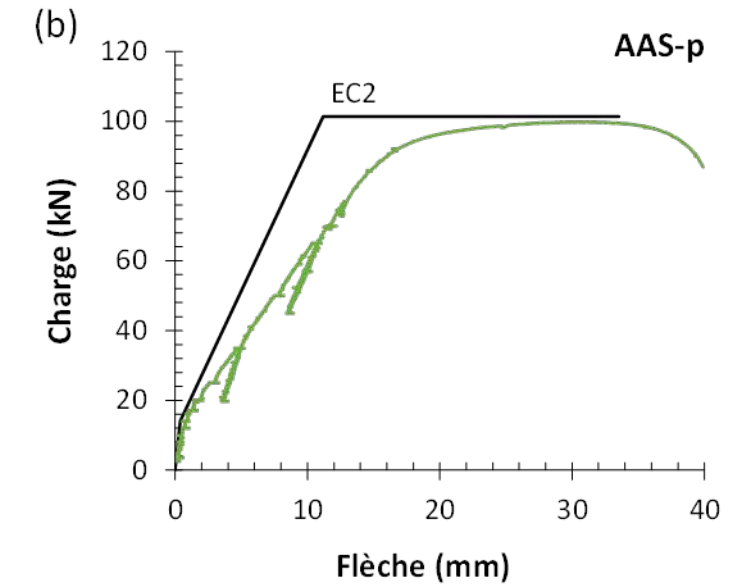
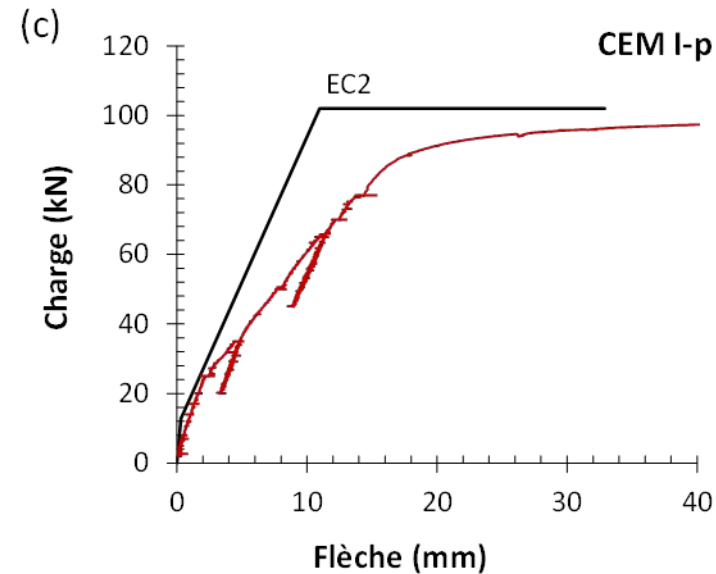
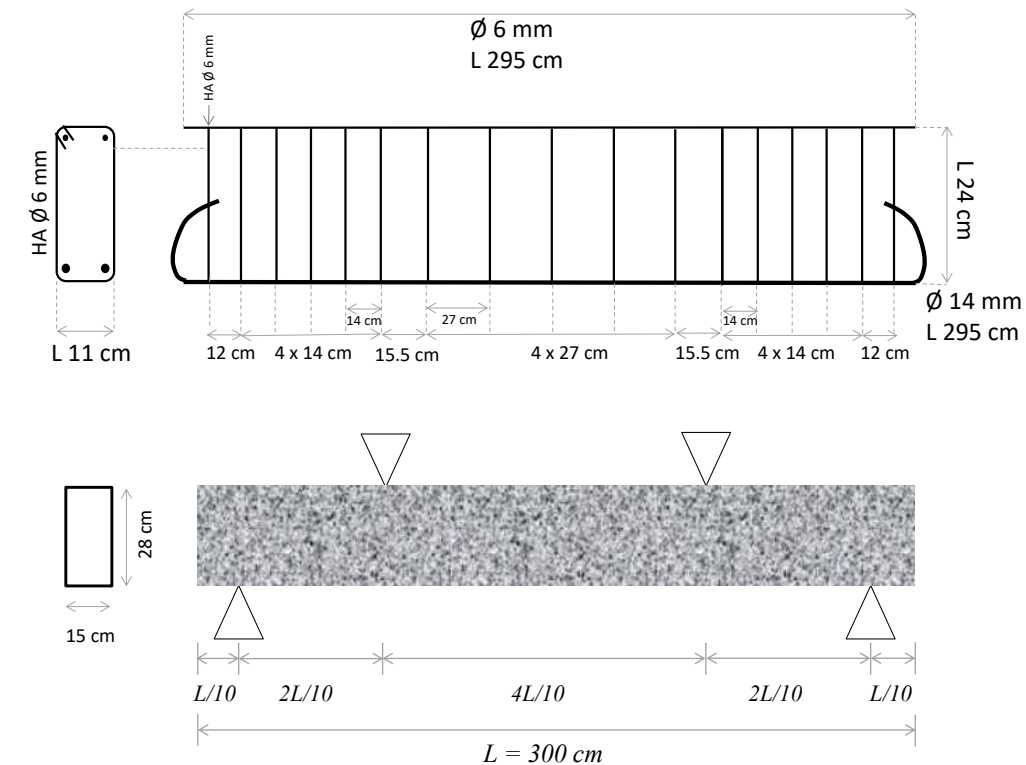
Laitier alcali-activé

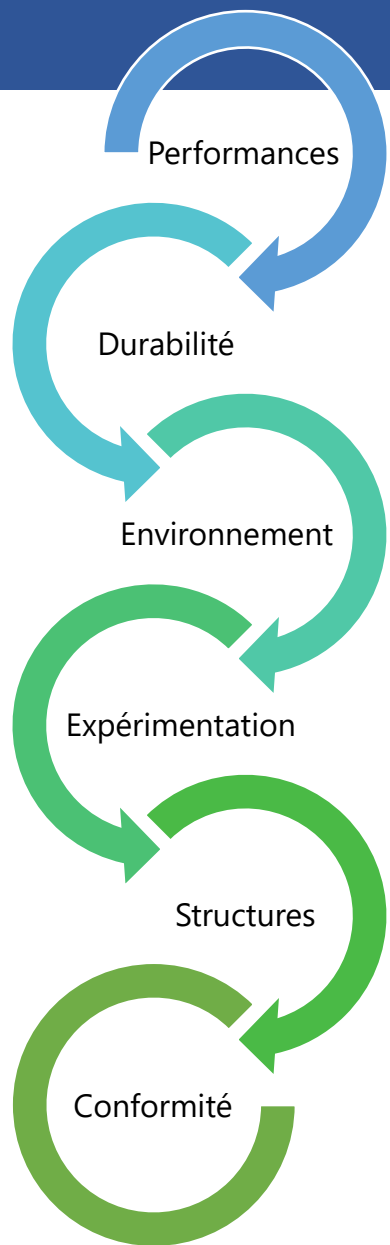
EC2

Relation contrainte-déformation



Adhérence acier-béton – poutre armée





- Expérimentation à échelle industrielle

Cas des liants
alcali-activés

Cas des liants de
verre

Liants alcali-activés Voussoirs de tunnels

Paris Suburban Metro
 Expansion Project (>200km)

	kg/m ³
AAS binder	450
Total water	171
Sand 0/4	690
Gravel 4/20	1005
Metallic fibers	44



Liants de verre



Parking Lot



Cycle Track

Urban Biking Lanes



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

Rachida Idir

rachida.idir@cerema.fr

Martin Cyr

martin.cyr@utoulouse.fr

Loïc Divet

loic.divet@outlook.com

